

Japan Patent Office (JP)

L.S.# 105

Public Report of Opening of Patent

Opening No. of patent: S 58-102904

Date of Opening: June 18, 1983

Int.Cl.            Distinguishing mark    Adjustment No. in office    FI

|                 |         |
|-----------------|---------|
| G 02 B    5/14  | 7529-2H |
| A 01 G    33/00 | 6976-2B |
| A 01 K    61/00 | 6976-2B |

Request for examination: pending

Number of invention: 1

-----  
 Name of Invention: Underwater lighting device  
 Application No. of Invention: No. S 56-203180  
 Date of application: Dec. 16, 1981

Inventor: Hiroshi Itoh  
               77-25 Tsukushino, Abiko-shi, Chiba, Japan

Inventor: Hiroshi Fujimura  
               1-16-19 Oh-Okayama, Meguro-ku, Tokyo, Japan

Applicant: Nippon Ita-Glass K.K.  
               8 4-chome, Doshu-cho, Higashi-ku, Osaka-shi, Japan

Assigned representative: Seiichi Ohno, patent attorney

## DETAILED REPORT

### 1. Name of the invention

UNDERWATER LIGHTING DEVICE

### 2. Sphere of patent request

#### (claim 1)

Claim 1 is concerning a underwater lighting device which is constructed as follows. The inner wall of hollow-center tube is made as a highly reflective surface and both ends are closed by a transparent cover. Then upper end of this hollow-center tube protrudes from the water surface, and the lower end is kept at a predetermined position in the water.

#### (claim 2)

Claim 2 is concerning the underwater lighting device in claim 1 where the apparent specific gravity of the whole hollow-center tube is near 1, at the same time, the lower end is heavier so that it will float in an almost vertical position.

#### (claim 3)

Claim 3 is concerning the underwater lighting device in claim 1 or 2 where heavy substances such as sand are used to fill a hollow annular cavity around the center to adjust the total apparent specific gravity.

### 3. Detailed explanation of the invention

This invention is regarding a underwater lighting device which is suitable for an underwater farm.

It is well known that growing fish or seaweed is promoted remarkably when sunlight is introduced into sea water or lake water. However, the clarity of seawater and lake water has decreased year after year due to pollution, and the depth of water where sunlight can reach is gradually becoming shallower.

Meanwhile, creating an artificial facility for growing marine life, that is, an underwater farm at a depth of 10 to 200 m where fish and seaweed breed most easily has been suggested as a means of growing food. When such an underwater farm is created, it is necessary to artificially introduce sunlight to the bottom of the sea.

Introducing sunlight to the bottom of the sea by using a bundle of optical fibers has been suggested. However, since the amount of light transmitted by a single optical fiber is very small, making a practical underwater facility requires a huge number of optical fibers. In addition, in order to acquire sufficient light at the bottom of the sea, it is necessary to use a highly transparent optical fiber which has extremely small absorption losses. Because of this, it will be an extremely expensive facility.

This invention offers a device for underwater lighting which solves the above problems and can introduce sunlight to great depths effectively and inexpensively.

The underwater lighting device in this invention is constructed as follows. The inner wall of hollow-center tube is made as a highly reflective surface and both ends are closed by a transparent cover. Then upper end of this hollow-center tube protrudes from the water surface, and the lower end is kept at a predetermined position in the water.

Sunlight that enters the end of the device in this invention which protrudes from the surface reaches the lower end of the device after being repeatedly reflected by the inner walls of the tube. It is then output from the lower end, and it illuminates predetermined under water areas or areas on the bottom of the sea.

According to the above device, in contrast with optical fibers, since light passes through air inside the hollow-center tube, transmission losses are extremely small compared to the case when it passes through a solid such as glass. Also, since it is possible to make the inner diameter of the optical path very large, the number of reflections can be small. Because of this, reflective losses are also small.

In addition, a tubular body such as the above has a very simple structure, and a single tube can irradiate an extremely wide area. Therefore, the facility cost can be small. So, it is effective as a underwater lighting device and practical for large-scale applications such as breeding facilities for marine life.

In this invention, specific methods of creating a highly reflective surface on the inside of the tube include the following: highly reflective films such as plastic with evaporated aluminum is glued to the inner walls of the tube; a metal thin film such as silver or aluminum is applied to the inner walls using vapor deposition, etc.; thin mirrors with a 1 mm thick or less glass substrate is glued to the inner walls.

A specific value for the inner diameter of the light tube cannot be specified since it depends on the application, condition of the water, depth of the water, etc. However, if the inner diameter is too small, reflective losses will be too high and a large number of devices will be required to attain a certain light level. Therefore, the effectiveness of this invention will drop. The inner diameter should be at least 100 m in general. In a large-scale facility such as an underwater farm, it is practical to use at least 300 m for the inner diameter of the tube.

Data from research conducted for this invention were used to produce the graph in figure 4 which shows the relationship between the length of the light tube divided by the inner diameter (length of the shorter side in the case of a rectangular light pipe) and the percent of light transmitted. The  $L/D$  ratio is plotted on the x axis and the ratio of transmitted light divided by incident sunlight in calories ( $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ) is plotted on the y axis. The relationship is plotted using reflectivity of the inner wall as a parameter on the graph in figure 4. In this graph, curved line "a" shows measured results for a light tube using 5 m/m thick glass mirrors (reflectivity: approximately 75%) currently on the market on the inner walls. As understood from the graph, when the tube is rectangular with a 50 cm shorter side and the tube length is 10 m or more, sunlight at the exit will be approximately 20 % of the incident light.

Curve "b" shows the case where aluminum-vapor-deposition film currently on the market (reflectivity: approximately 82 %) has been used. The  $L/D$  ratio is 25, and the irradiation ratio is approximately 25 %. Transmission efficiency is better than "a" above.

Curve “c” shows the case when thin glass plate mirrors 2 m/m thick or less are used to line the light tube. In this case, reflectivity is 85 % or higher. When the L/D ratio is 30, the irradiation ratio is high such as 30 %. In other words, when a rectangular pipe with almost 1 m<sup>2</sup> section is used as the light tube in this invention, even if the length is 30 m, 30 % or more of the sunlight incident on the water surface can be transmitted under water. If the tube length is 20 m, sunlight can be transmitted at 65 % or higher efficiency.

The cross section of the light tube can be any shape such as an oval, an irregular polygon, or a regular polygon in addition to a circle.

The tube can be curved in addition to straight over the entire length.

The device in this invention is arranged so that the upper end projects from the surface of the water and the lower end is placed at a predetermined position under water. Generally, the tube axis is fixed in an almost vertical position or it floats in a regular position.

That is, the lighting device in this invention can be fixed to the supporting parts of a structure which has been set up securely on the bottom of the sea or the bottom of the lake. It is also possible to adjust the apparent specific gravity of the whole device close to “1” as indicated in the following example of practice and to make the lower end heavy so the device floats in an almost vertical position. In the latter case, since there will be hardly any wave loading, it is possible to simplify the structure greatly compared to the former case so the facility cost will be less. In addition, it can be moved easily if necessary.

In the following, this invention is going to be explained in more detail based on the examples of practice shown in figures.

Figure 1 is a lengthwise section of the lighting device of this invention. The lower end of long, thin, straight tube 1 with a highly reflective inner face 2 is closed tightly with transparent glass or plastic cover 3A that can sufficiently resist water pressure. The upper end is closed with a transparent cover 3B which has been surface treated with a low-pressure process. A float 4 is attached near the upper end of this tube 1, and an anchor 5 is connected to the lower end. The upper end 1B floats in an almost vertical position in the water 7 where it protrudes from the surface of the water 6. Sunlight 8, which enters the tube through the transparent cover 3B on the upper opening is transported downward by repeated reflection from the inner face 2 of the tube. Light is radiated from the lower end 1A of the tube through the transparent cover 3A so that the sea bottom 9 will be illuminated.

In more detail, as shown in figure 2, the tube 1 has a double layer structure as follows. In this example, the inner face 2 is made into a highly reflective surface by a plastic film coated by vapor deposited aluminum. This example uses an inner tube 10 made of iron pipe 3 m/m thick and 35 cm outer diameter. Concentric with the inner tube 10 is an outer tube 11 made of iron pipe 5 m/m thick and 100 cm inner diameter. This forms a double-wall tube.

A gap 12 with a fixed width is formed between the outer face of the inner tube 10 and the inner face of the outer tube 11. This gap 12 is filled with a filler 13 which consists of relatively inexpensive material in the form of grains or blocks. The amount of filler such as sand, smashed stone, or iron powder is varied to adjust the apparent specific gravity of the device.

Buoyancy provided by the water is balanced by the weight of the filler 13 so that the apparent specific gravity of the whole tube 1 is around 1. By attaching a float 4 near the upper

end and attaching a weight to the bottom the device can be stabilized in a nearly vertical position. An anchor 3 will prevent the device from moving around.

The outer tube 11 can be made of any suitable material - there is no specific limitation as long as it can withstand the water pressure and can resist erosion. For instance, it could be made of glass fiber reinforced plastic (FRP), metal, glass fiber reinforced concrete (GRC), etc. The inner tube 10 can be made from similar materials.

The outer face of the lower transparent cover 3A has a wiper 14 for preventing contamination by marine creatures. The face of the transparent cover can be cleaned regularly by remote control from the surface.

Figure 3 shows a different structural example of the tube 1. In this example, the inner tube 10 is a square (rectangular) section. For example, thin glass mirrors 15 with 0.7 mm thickness are glued to the inner walls of the square inner tube 10, and a highly reflective face 2 is formed. As an example, the inner tube 10 made from 3 mm thick iron plate has a square section 70 cm on each side. The outer tube 11 is circular and made from iron 5 mm thick and having a 10 cm inner diameter. The gap is filled with iron powder 13.

The double-wall tube lighting device above will have good deep water efficiency when it is operated as shown in figure 5 (jp1) to (jp2).

That is, the gap between the inner and outer walls of a relatively short (approximately 2 m) double-wall tube 16 is filled with a filler 13 until the upper end slightly protrudes from the surface of the water. This tube is formed by an inner tube 10 and outer tube 11 connected by a flange 17. A filler 13 such as sand is used to fill the gap between the inner and outer faces of the tube 18 from the top so that weight balances the buoyancy. The lower part of the tube 16 is completely sunk in the water and the unit is connected so that light can reach deep in the water.

Figure 6 shows another example of practice of this invention. In this example, instead of adjusting the apparent specific gravity of the tube 1 by placing a filler 13 between the double walls, a float 4 is attached near the top. A flange 20 on the lower end of the tube 1 is loaded with annular weights 19 until the apparent specific gravity is near 1. This method also improves stability.

Figure 7 shows another example of this invention. In this example, many transparent tubes 1 with highly reflective inner faces are attached to a support frame 21 in a vertical position with spaces between them. Then the assembly is attached to a float 22 which is fixed on one end of this frame, and an anchor 5 is connected near the lower end of the tube 1. This structure is suitable for illuminating a large bottom area by sunlight.

The upper end of each transparent tube 1 has a light-collecting optical system 23 such as a convex lens, point focus fresnel lens, linear focus fresnel lens, or a parabolic mirror, etc. which directs light into each light-conducting tube 1.

This light-collecting optical system 23 can be driven to change its angle to collect sunlight most effectively by following the sun. This drive system is not shown in the figure.

#### 4. Simple explanation of figures

Figure 1 is a lengthwise section of one example of practice of this invention; figure 2 is a cross section of the tube in the device in figure 1; figure 3 is a cross section which shows another structural example of a tube; figure 4 is graph which shows a performance comparison for different reflective materials that can be used in the light tube; figure 5 (jp1) (jp2) are sections which show one method of constructing the device of this invention; figure 6 is a lengthwise section of another example of practice of this invention; and figure 7 is a side view which shows an example of practice where many light-collecting tubes are used.

- 1: light-collecting tube
- 2: highly-reflective face
- 3A, 3B: light transmitting cover
- 4: float
- 5: anchor
- 6: surface of the water
- 8: sunlight
- 10: inner tube
- 11: outer tube
- 13: filler for adjusting apparent specific gravity

Applicant of the patent :Nippon Ita-Glass K.K.

Assigned representative: Seiichi Ohno, patent attorney

⑨ 日本国特許庁 (JP)  
⑩ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開  
昭58-102904

⑫ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 02 B 5/14  
A 01 G 33/00  
A 01 K 61/00

識別記号

庁内整理番号  
7529-2H  
6976-2B  
6976-2B

⑬ 公開 昭和58年(1983)6月18日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 水中採光装置

⑯ 特 願 昭56-203180  
⑰ 出 願 昭56(1981)12月16日  
⑱ 発 明 者 伊藤宏  
我孫子市つくし野77-25

⑲ 発 明 者 藤村寛  
東京都目黒区大岡山1の16の19  
⑳ 出 願 人 日本板硝子株式会社  
大阪市東区道修町4丁目8番地  
㉑ 代 理 人 弁理士 大野精市

明 細 書

1. 発明の名称

水中採光装置

2. 特許請求の範囲

- 1) 中空管体の内壁面を光高反射面とするとともにその両端を透光性カバーで閉鎖し、この中空管体をその上端を水面上に突出させ下端を水中の所定位置に保持して構成した水中採光装置。
- 2) 中空管体全体の見かけ上の比重を1近くに調整するとともに下端側の重量を相対的に大きくしてはば鉛直の姿勢で水中に浮遊するようになした特許請求の範囲第1項記載の水中採光装置。
- 3) 中空管体の側壁を中空の二重壁としてこの中空部に砂等の重量大な物質を充填して全体の見かけ上の比重を調整するようになした特許請求の範囲第1項または第2項記載の水中採光装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は海洋牧場等に好適な水中採光装置に関する。

海水中あるいは湖水中に太陽光を導入すると魚類や海藻類の成育が著るしく助長されることは知られているが、海水、湖水は年々汚染によって透明度が低下しつつあり、太陽光の到達水深は次第に浅くなっている。

一方、食料資源の安定確保を目的として魚類や海藻類が最も育成し易い水深10~200mの海底に人工的な海洋生物飼育設備いわゆる海洋牧場を造ることが提案されており、このような海洋牧場を造る場合、海底まで人工的に太陽光を導くことが不可欠である。

このような海底へ太陽光を導く手段として従来、光ファイバーを多数本束ねて構成した導光ケーブルが提案されているが、1本1本の光ファイバーによる導光量は微々たるもので実用性のある海洋牧場設備とするためには莫大な本数の光ファイバーを必要とし、また海底において十分な光量を得るためには光吸収損失が極めて小さい高透明の光ファイバーを使用せねばならず、このため非常に高価な設備になるという問題がある。

本発明は上述の問題点を解決し安価な設備で効率よく太陽光を水深の深い位置まで導くことのできる水中採光装置を提供するものである。

本発明の装置は、中空管体の内腔面を光高反射面とするとともにその両端を透光性カバーで閉鎖し、この中空管体をその上端を水面上に突出させ、下端を水中の所定位置に保持して構成される。

上記の装置によれば、水面上に突出する管端から入射した太陽光は管内腔で反射を繰り返しつつ下端に至りここから出射して海中あるいは海底部などの所定箇所を照射する。

上記装置によれば光ファイバーと異なり導入された光が中空管内の気体中を通るためガラスなどの固体中を通る場合に比べて光の伝送損失は極めて小さく、また光路の内径を非常に大きくとることができるので反射回数は少なく済み、それだけ反射ロスも小さい。

さらに上記のような管体は構造が極めて簡単で単一管路で非常に広範囲にわたる太陽光照射を行なうことができ、したがって設備費が安価で済むの

り、入口端での太陽放射熱量を100として出口端での太陽放射熱量 ( $\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ ) の比を縦軸にとり、両者の関係を管内面の反射率をパラメータとして図示すると第4図のグラフのようになる。同グラフにおいて曲線aは市販の3mm厚ガラス鏡(反射率約75%)で内貼りした管路での測定結果を示し、グラフからわかるように短辺30cmの角パイプ状にした場合、管路の長さが10m以上になると出口端での太陽光は入口端に比べておよそ20%になる。

bは、市販のアルミ蒸着フィルム(反射率が約82%)を内貼りした場合であり、管路長と管内径との比が2.5で放光割合が約20%となり上記aよりも太陽光伝送効率は良くなる。

cはガラス基板厚みが2mm以下の薄板鏡で内貼りした場合を示し、この場合は反射率は85%以上となり管路長と管内径との比が3.0において、放光割合は30%の高率となる。すなわち、ほぼ1mm角断面の角パイプを本発明装置の導光管として用いた場合に管路長を30mとしても水面上で

で水中生物の育成施設など実用的で大規模な用途における水中採光装置として有用である。

本発明において管内面を光高反射面とする具体的手段としては、アルミを蒸着したプラスチックフィルムなどの高反射性フィルム材を管内腔面に貼着する方法、管内腔面に銅、アルミニウムなどの金属薄膜をメッキ、蒸着等で付着形成する方法、ガラス基板厚みが1mm以下というような厚みの薄い鏡を内貼りする方法など種々の方法とをとり得る。

導光管の内径については採光装置の用途及び照光水深などの条件によって異なり一概に設定できないがあまり細いものでは、反射ロスが多くなるとともに所期の照度を得るために非常に多数本を必要とするようになり本発明の有利性が低下するので一般的には10cm以上とすることが望ましく、海洋牧場のような大規模な設備では管内径を30cm以上とるのが実用的である。

本発明者の研究によると導光管の長さ(内径(内パイプの場合は短辺長さ)で割った値を横軸にと

受光した太陽光の30%以上を水中に照射することができ、管路長を20mとすれば65%以上の高い効率で太陽光を照射することができる。

本発明で使用する導光管路の断面形状は、円形以外に楕円形、正多角形、扁平多角形など任意の形状をとることができる。

また管路は全長にわたり直管とする以外に曲管としてもよい。

設置方法としては、上端を水面上に出し下端を水中の所定位置に配置して一般的には管軸をほぼ鉛直とした姿勢で固定するかまたは定位型に浮遊させる。

すなわち、海底、湖底等に強固に立設した剛構造の支持部材に本発明に係る採光装置を固定するようにしてもよいし、あるいは後述の実施例のように装置全体の見かけ上の比重を1近くになるように調整し、且つ下端部を相対的に重量大にしてはば鉛直の姿勢で浮遊させるようにしてもよい。

後者の場合は、波力による負荷がほとんど加わらないので構造を前者に比べて大幅に簡素化でき安



固な設備費で済み、また必要に応じて簡単に移動できるという利点がある。

以下、本発明を図面に示した実施例につき詳細に説明する。

第1図は本発明の採光装置の縦断面図であり、内面2を光高反射面とした直管状の細長い管体1の下端開口を水圧に十分耐え得るガラスあるいは、プラスチックからなる透光カバー3Aで水密に閉鎖するとともに上端開口を表面に低反射処理を施した透光カバー3Bで蓋ぎ、この管体1の上端近くにフロート4を取り付け下端にアンカー5を接続してその上端1Bを水面6上に突出させた状態で海水7中にはほぼ鉛直の姿勢で浮遊させ、上端開口から透光カバー3Bを通して採り入れた太陽光8を管内面2の繰り返し反射で下方に導き、下端1Aから透光カバー3Aを通して放光させて海底9を照射するようにしている。

さらに詳細には、管体1は第2図に示すように、内面2をアルミ蒸着プラスチックフィルム2Aの貼着等で光高反射面とした一例として肉厚が3mmで

とができる。

下端の透光カバー3A外面には、海中生物の付着等による汚染を防ぐためにワイパー7Aが取り付けられてあり海上からの遠隔操作で定期的に透光カバー一面の清掃が行なえるようになっている。

第3図に管体1の他の構造例を示す。

本例は内管10を角断面パイプとしたもので内管10の内周壁に厚みの薄い例えば厚み0.7mmのガラス鏡11を貼着して光高反射面2を形成する。例えば内管10を厚さ3mmの鉄板で一边が70cmの略正方形断面に構成し、外管11として肉厚3mmで内径100cmの鉄製内管を用い両者間の空隙に充填物13として粉鉄を充填する。

上記のような二重管構造の採光装置を水深の深い場所に設置するときは第3図(イ)～(ロ)に示すような手順で作業すると能率が良い。

すなわち、長さ2m程度の比較的短尺の内管10および外管11を組み合わせた二重管ユニット16の内外壁間空隙に充填物13を充填して上端が僅かに水面6上に出る程度まで沈める。次に他の内

外径350mmの鉄パイプ製の内管10とこの内管10の外側に同心的に配置した一例として肉厚5mmで内径100cmの鉄パイプ製の外管11との二重管構造となっている。

そして内管10の外周面と外管11の内周面との間には一定幅の空隙12が形成してあってこの空隙12に砂、卵石、粉鉄など比重が大きく且つ、比較的安価で量調整の容易な粒状あるいは塊状の充填物13が充填してある。

つまり上記充填物13の重量で管体1に働く水の浮力を相殺して管体1全体の見かけ上の比重を1前後に調整するとともに、上端近くにフロート4を取り付けることにより相対的に下端側の重量を大として鉛直姿勢の安定を図り、アンカー5で流失を防いでいる。

外管11の材質としては、水圧に十分耐え且つ侵蝕し難いものであれば特に制限はなく、例えばガラス繊維強化プラスチック(FRP)、金属、ガラス繊維強化コンクリート(GRC)などで構成する。また内管10についても同様の材料で構成するこ

管10及び外管11を取寄せ上下管同志をフランジ部17で接続し、上部の管ユニット18の内外壁間空隙に砂等の充填物13を充填して浮力を相殺するように重量を調整し下部の管ユニット16を完全に水中に沈めて以下順次管ユニットを連結していき深い水中にまで採光できるようにする。

第4図に本発明の他の実施例を示す。

本例は前述例のように二重壁間に充填した充填物13で管体1の見かけ比重を調整するかわりに、管体1の下端近くに重量19を、例えば管体1の下端にフランジ部20を設けてこの上に環状の重量19を取せるなどの方法により取り付け上端近くにフロート4を取り付けて全体の見かけ比重を1近くに調整すると同時に安定性を良くしている。

第5図に本発明のさらに他の実施例を示す。

本例は前述のようにして内面を光高反射面とした透光管体1の多数を相互に間隔において鉛直姿勢で支持枠体21に取り付けてこの枠体の側端に固定したフロート22で全体を浮遊させ管体1の下端近くに流失防止用のアンカー5を接続したもの

で、水中あるいは海底の非常に広い範囲を太陽光照射する場合に適した構造である。

また各導光管体ノの上端上には凸レンズ、ポイントフォーカスフレネルレンズ、リニアフォーカスフレネルレンズ、パラボラミラー等の集光光学系23が配置してあって集光した光を各導光管体ノ内に導くようにしている。

そして集光光学系 23 は図外の太陽追尾機構により時間に応じて太陽光を最も効率良く集光できる角度に角度変位駆動される。

### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の一実施例を示す縦断面図、第 2 図は第 1 図の設置の管体横断面図、第 3 図は管体の他の構造例を示す横断面図、第 4 図は導光管の反射材別の性能比較を示すグラフ、第 5 図 (イ) (ロ) は本発明装置の組み立て手順の例を示す断面図、第 6 図は本発明のさらに別の実施例を示す縦断面図、第 7 図は多数の導光管を設置する場合の実施例を示す側面図である。

1 ..... 透光管体      2 ..... 光高反射面

JA, JB..... 透光カペー      \* ..... フロート

5 ..... アンカー      6 ..... 水面

1 ..... 太陽光      10 ..... 肉質

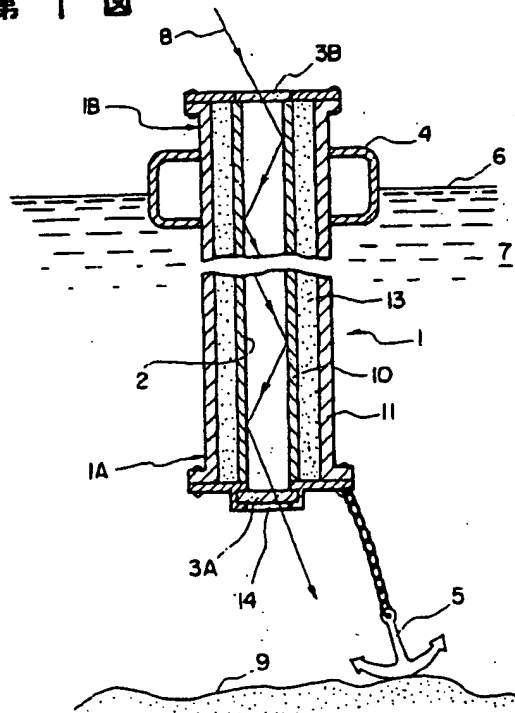
/ / ..... 外管      / 3 ..... 見かけ比重量調整用光  
物質

特許出願人 日本板硝子株式会社

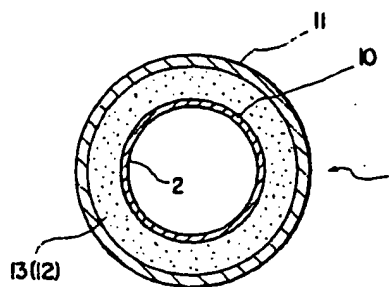
代理人 奔理士 大野 耕 市



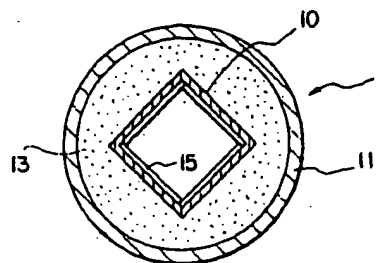
第一圖



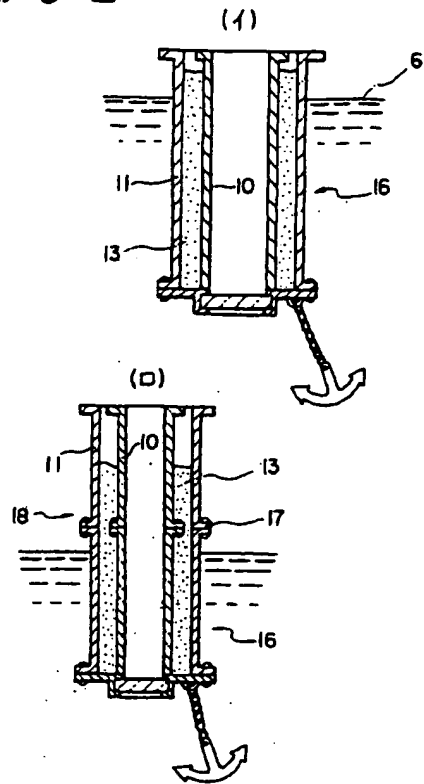
第 2 図



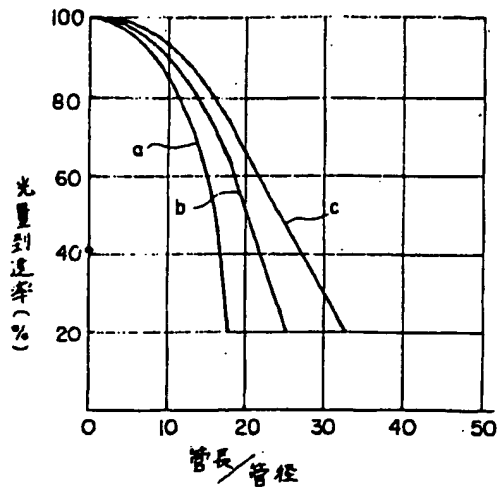
第 3 区



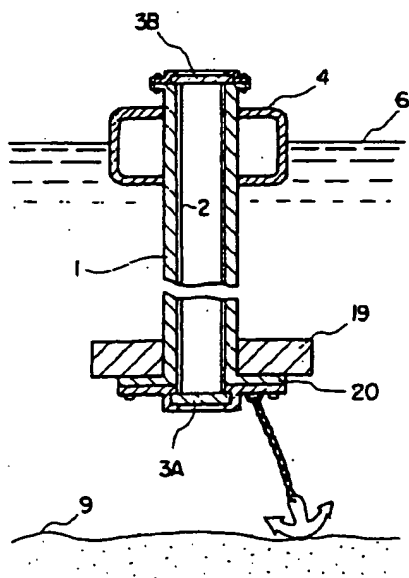
第 5 図



第 4 図



第 6 図



第 7 図

